

⑩ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 100 21 601 A 1

⑮ Int. Cl. 7:  
B 60 T 13/74

⑯ Aktenzeichen: 100 21 601.3  
⑯ Anmeldetag: 4. 5. 2000  
⑯ Offenlegungstag: 8. 11. 2001

⑰ Anmelder:  
Bayerische Motoren Werke AG, 80809 München,  
DE

⑰ Erfinder:  
Kufner, Thomas, 85221 Dachau, DE; Vielwerth,  
Gerhard, 91795 Dollnstein, DE  
  
⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:  
DE 195 00 834 A1  
DE 41 29 919 A1  
EP 09 45 932 A2

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑯ Elektromechanische Fahrzeug-Bremslage

⑯ Die Erfindung betrifft eine elektromechanische Fahrzeug-Bremsanlage, bei welcher für die Betriebsbremse sowie für die Feststellbremse dieselben Reibungsbremselemente verwendet werden, wobei eine zugespannte Feststellbremse zumindest über einen gewissen Zeitraum nach erfolgter Zuspannung hinsichtlich ihrer Feststell-Wirkung überwacht und bei mangelhafter Wirkung automatisch nachgespannt wird. Es kann zur Überwachung der Feststell-Wirkung die Größe der auf das Reibungsbremselement aufgebrachten Spannkraft überwacht werden. Alternativ oder zusätzlich kann das Fahrzeug selbst auf geringfügige Bewegung, hervorgerufen durch nicht ausreichende Feststell-Wirkung, hin überwacht werden. Besonders vorteilhaft ist es, wenn bei Betätigen der Feststellbremse zunächst nur eine Basishaltekraft aufgebracht wird, die deutlich unterhalb eines Maximalwertes für die Zuspannkraft liegt, und wenn erst bei Erkennung einer mangelhaften Feststell-Wirkung die maximal mögliche Zuspannkraft aufgebracht wird.

## Beschreibung

- [0001] Die Erfindung betrifft eine elektromechanische Fahrzeug-Bremsanlage, bei welcher für die Betriebsbremse sowie für die Feststellbremse dieselben Reibungsbremselemente verwendet werden. Zum technischen Umfeld wird neben der DE 196 01 983 C1 auf die DE 198 36 687 A1 sowie auf die DE 196 39 686 A1 verwiesen.
- [0002] Beispielsweise in der letztgenannten Schrift ist eine elektromechanische Bremsanlage in Verbindung mit einer Teilbelag-Scheibenbremse als sogenanntem Reibungsbremselement beschrieben. Ein Vorteil eines solchen oder allgemein beliebiger elektromechanischer Bremssysteme ist die technisch einfache Darstellbarkeit und Integrationsmöglichkeit einer Feststellbremsanlage (auch Parkbremse genannt) in den sogenannten Aktuator der Bremsanlage, der ansonsten das Reibungsbremselement im Sinne einer Betriebsbremse betätigt, d. h. das fahrende Fahrzeug dem Wunsch des Fahrzeugführers entsprechend abbremst.
- [0003] Es sind Einrichtungen bekannt, die kraft- oder formschlüssig den rotierenden oder sich linear bewegenden Teil des Aktuators in jeder beliebigen Lage und jeder sogenannten Zuspanshöhe (diese besagt im wesentlichen, wie stark die Reibungsbremselemente gegeneinander angepreßt werden) fixieren können; vgl. hierzu beispielsweise auch die eingangs erstgenannte DE 196 01 983 C1. Vorzugsweise wird die Feststellbremseinrichtung auf der krafterzeugenden Seite des Aktuators (vorzugsweise direkt auf der Welle eines üblicherweise verwendeten Elektromotors) angebracht, da hier nur das um die Gesamtübersetzung verringerte Haltemoment aufgebracht werden muss.
- [0004] Die Feststellbremseinrichtung kann im übrigen an mindestens einem, aber auch an den (bei einem zweispurigen Kraftfahrzeug) beiden Aktuatoren einer Achse oder auch allen am Fahrzeug vorhandenen Brems-Aktuatoren vorhanden sein. Generell wird dabei die Zuspanskraft zum Festhalten des Fahrzeugs auf die vorhandene Bremsscheibe oder dgl. der Betriebsbremse aufgebracht, die Bremsscheibe bildet zusammen mit den an sich bekannten Bremsbelägen die allgemein sog. Reibungsbremselemente.
- [0005] Es ist jedoch bekannt, daß eine Feststellbremsanlage, die auf die Bremsscheibe oder allg. auf die Reibungsbremselemente der Fahrzeug-Betriebsbremse wirkt, eine Reihe von Nachteilen besitzt. So liegt ein ungünstiges thermomechanisches Verhalten vor, wenn die Feststellbremskraft auf eine zeitlich vorher thermisch hoch beanspruchte Bremsscheibe aufgebracht wird, da sich während der darauf folgenden Abkühlphase der Bremsscheibe (oder dgl.) die sogenannte Zuspanskraft, mit welcher beispielsweise ein an die Bremsscheibe angepreßter Bremsbelag/Teilbelag angepreßt wird, verringert. Ursächlich hierfür ist die mit einer Abkühlung der Bremsscheibe sowie der Bremsbeläge einhergehende Volumenreduzierung. Die damit verbundene Dickenreduzierung, insbesondere der Bremsbeläge, reduziert den ursprünglichen Vorspannweg oder Zuspannweg. Bedingt durch die hohe Steifigkeit eines die Bremsbeläge tragenden Bremssattels sowie des zugehörigen Aktuators führen erfahrungsgemäß bereits geringe thermische Dickenreduzierungen zu merklichen Spannkraftverlusten.
- [0006] Zwar kann dieser bekannte Nachteil bei manuell betätigten Feststellbremsanlagen in Kauf genommen werden, wenn durch geeignete mechanische Übersetzung der Feststell-Betätigungsseinrichtung die auf die Reibungsbremselemente aufgebrachte Zuspanskraft derart überhöht wird, daß eine ausreichende Sicherheitsreserve gegen Wegrollen des Fahrzeugs beim Abkühlen der Reibungsbremselemente vorliegt. Praktisch jedoch nicht möglich ist diese Vorgehensweise bei schweren Fahrzeugen, auch schwereren Per-
- sonenkraftwagen. Die bei einer üblichen Teilbelag-Scheibenbremse fehlende Selbstverstärkung sowie die Anordnung der Feststellbremseinrichtung an der Hinterachse mit haulich kleineren Bremsen erfordert insbesondere bei schweren Fahrzeugen oder im Hängerbetrieb derart hohe Zuspanskräfte, dass sie über die heute üblichen Hand- oder Fusshebel vom Fahrzeugführer nicht mehr aufgebracht werden können.
- [0007] Grundsätzlich könnten bei einer elektromechanischen Bremsanlage die das soeben beschriebene, thermomechanische Fading kompensierenden, hohen Zuspanskräfte zwar aufgebracht werden; jedoch ist eine aus Sicherheitsgründen künstliche Überhöhung der Zuspanskraft zur Kompensation dieser thermomechanischen Effekte nicht akzeptabel. Das Belastungsprofil für die elektromechanischen Aktuatoren der Bremsanlage würde sich dadurch nachteiligerweise nämlich signifikant erhöhen. Insbesondere bei Verwendung automatisierter Feststellbremsanlagen mit häufigen Lastspielen ginge dies deutlich zu Lasten der Lebensdauer der Brems-Aktuatoren, die im übrigen überdimensioniert sein müßten, d. h. höhere Zuspanskräfte aufzubringen in der Lage sein müßten, als dies unter üblichen Umständen erforderlich ist. Daß dies hinsichtlich Bauraum, Gewicht und Kosten nachteilig ist, liegt auf der Hand.
- [0008] Ein weiterer Nachteil sind die bei hohen Temperaturen und hohen Spannkräften stattfindenden Diffusionen von Bremsbelag-Material auf die Bremsscheibe. Der dadurch entstehende Belagauftrag auf die Bremsscheibe führt über deren Oberfläche betrachtet zu Dickenschwankungen, die sich in Umgangskraftschwankungen beim Bremsen abbilden. Eine Folge hiervon können Komfortbeeinträchtigungen sein, wie bspw. Lenkradschwünge beim PKW, aber auch Bremsen-Rubbeln, Geräusche, und andere unerwünschte Vibrationen. Dabei hat sich gezeigt, dass dieser Effekt der Diffusion von Bremsbelag-Material irreversibel ist.
- [0009] Eine Abhilfemaßnahme für diese geschilderte Problematik aufzuzeigen, ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung.
- [0010] Die Lösung dieser Aufgabe ist dadurch gekennzeichnet, daß eine zugespannte Feststellbremse zumindest über einen gewissen Zeitraum nach erfolgter Zuspansnung hinsichtlich ihrer Feststell-Wirkung überwacht und bei mangelhafter Wirkung automatisch nachgespannt wird. Dabei kann zur Überwachung der Feststell-Wirkung die Größe der auf das Reibungsbremselement aufgebrachten Spannkraft überwacht werden; alternativ oder gleichzeitig kann zur Überwachung der Feststell-Wirkung aber auch das Fahrzeug selbst auf geringfügige Bewegung, hervorgerufen durch nicht ausreichende Feststell-Wirkung, hin überwacht werden.
- [0011] Erfindungsgemäß wird quasi ein Regelsystem bezüglich der mittels einer elektromechanischen Fahrzeug-Bremsanlage, die sowohl als Betriebsbremse als auch als Feststellbremse fungiert, erzeugten Feststell-Bremskraft oder Feststell-Wirkung vorgeschlagen. Überwacht werden soll somit, ob die beabsichtigte Feststell-Wirkung ausreichend hoch ist, d. h. im wesentlichen, ob das Fahrzeug mittels der Feststellbremse daran gehindert werden kann, sich selbsttätig fortzubewegen. Dabei wurde erkannt, daß diese Überwachung nur für eine gewisse Zeitspanne, ausgehend von einer erfolgten Betätigung oder Zuspansnung der Feststellbremse, durchgeführt werden muß. Der im wesentlichen einzige Einflußfaktor, der nämlich zu einer Herabsetzung der Feststell-Bremswirkung führen könnte, ist der oben erläuterte, thermomechanische Effekt, der aufgrund von Abkühlungsvorgängen und daraus resultierenden Schrumpfungsvorgängen an zunächst erwärmten Reibungsbremselementen

menten eine Verringerung der Feststellbremsewirkung, auch Feststell-Wirkung genannt, hervorruft bzw. hervorrufen kann. Demzufolge muß die besagte Überwachung praktisch auch nur solange durchgeführt werden, bis sich die Reibungsbremselemente des (Kraft-)Fahrzeugs ausgehend von einer möglichen Maximaltemperatur auf (eine übliche) Umgebungstemperatur bzw. auf eine sogenannte Nichtbetriebs-Temperatur abgekühlt haben. Wird dann im Laufe dieser zeitlich begrenzten Überwachung festgestellt, daß die sogenannte Feststellwirkung mangelhaft ist bzw. nicht mehr ausreichend sein könnte, so wird die (reduzierte) Zuspannkraft erfahrungsgemäß automatisch wieder vergrößert, d. h. es erfolgt gesteuert ein Nachspannen der Bremse(n).

[0012] Grundsätzlich bestehen verschiedene Möglichkeiten zur Überprüfung der sog. Feststell-Wirkung. So kann zum einen direkt die Größe der auf das (oder die) Reibungsbremselement(e) aufgebrachten Spannkraft überwacht werden. Voraussetzung hierfür ist ein elektromechanisches Bremsystem, bei welchem die sogenannte Zuspannkraft, mit der Bremsbeläge oder dgl. gegen eine Bremsscheibe oder dgl. angepreßt werden, sensierbar, d. h. meßbar ist. Für eine sog. (vorzugsweise feste, ggf. aber auch variable) Überwachungszeit, die sich aus der Abkühlkurve der Bremsanlage ableiten lässt, kann dann der gemessene Zuspannkraft-Wert, der bei Betätigen der Feststellbremsanlage aufgebracht wird, permanent (kontinuierlich) gemessen und auf Abweichungen vom Startwert hin überprüft werden, d. h. es kann ein Soll-Ist-Vergleich durchgeführt werden.

[0013] Ist das Ergebnis dieses (in einer elektronischen Steuereinheit durchgeführten) Soll-Ist-Vergleiches derart, daß die aktuelle Spannkraft oder Zuspannkraft der Reibungsbremselemente infolge der eingangs erläuterten thermomechanischer Bewegungen von bspw. Bremsscheibe und Bremsbelägen um einen definierten Wert abgefallen ist, so kann der Aktuator nachgeregelt werden, und zwar bevorzugt soweit, bis der ursprünglich aufgebrachte Spannkraft-Wert, ggf. zuzüglich eines Sicherheitsaufschlags, wieder erreicht ist.

[0014] In diesem Zusammenhang sei nochmals auf die eingangs bereits angesprochene DE 196 39 686 A1 hingewiesen, in der eine elektromechanische Fahrzeug-Bremsanlage mit einem Kraftsensor beschrieben ist. Mit diesem bekannten Kraftsensor wird jedoch die vom aufgebrachten Bremsmoment erzeugte Umfangskraft an einer Bremsscheibe gemessen, wohingegen für die vorliegende Erfindung direkt die Zuspannkraft oder Spannkraft gemessen werden soll, mit der die Reibungsbremselemente (bspw. Bremsscheibe und Bremsbeläge) gegeneinander gepreßt werden.

[0015] Eine andere Methode zur Überprüfung der sogenannten Feststell-Wirkung einer elektromechanischen Fahrzeug-Feststellbremse besteht darin, das Fahrzeug selbst auf eine geringfügige Bewegung hin zu überwachen, welche aus einer nicht ausreichenden Feststell-Wirkung resultiert oder resultieren könnte. Heutige, moderne Kraftfahrzeuge, bspw. PKWs, sind bereits mit einer Vielzahl von Sensoren ausgestattet, so beispielsweise u. a. auch mit Fahrzeugrad-Drehzahlsensoren in Verbindung mit einem Antiblockier-Regelsystem für die Bremsanlage. Diese (vorhandenen) Rad-Drehzahlsensoren können bereits dann eine Fahrzeug-Bewegung sicher sensieren, wenn die Fahrzeug-Geschwindigkeit einen Minimalwert von 0,1 km/h übersteigt. Durch Berechnung läßt sich nachweisen, daß auch bei üblichen Steigungen oder besser Gefällen ein üblicher Personenkraftwagen bereits nach einer Strecke von wenigen Zentimetern wieder zum Anhalten gebracht werden kann, wenn nach Erkennen einer Fahrzeugbewegung (mit Hilfe der Rad-Drehzahlsensoren) die Feststellbremse bzw. die elektromechani-

sche Fahrzeug-Bremsanlage automatisch auf einen bevorzugt maximalen Spannkraft-Wert nachgespannt wird, bei welchem dann die Reibungsbremselemente mit der maximal möglichen Anpreßkraft aneinandergedrückt werden.

5 [0016] In diesem Zusammenhang sei noch auf die eingangs ebenfalls bereits genannte DE 198 36 687 A1 hingewiesen, in der eine Vorrichtung und ein Verfahren für die fahrsituationsabhängige Betätigung einer elektrischen Feststellbremsanlage beschrieben ist. Um den Komfort eines 10 durch eine Betätigung der Feststellbremsanlage ausgelösten Bremsvorganges zu erhöhen und gleichzeitig Beeinträchtigungen der Fahrstabilität weitgehend zu vermeiden, wird neben weiteren Eingangssignalen dabei auch die Fahrgeschwindigkeit des Kraftfahrzeuges berücksichtigt. Von einer 15 Überwachung einer einmal bereits zugespannten Feststellbremsanlage ist hierin jedoch nicht die Rede.

[0017] In Verbindung mit einer Überwachung der zugespannten Feststellbremsanlage insbesondere anhand einer Überwachung des Fahrzeugs auf geringfügige Bewegung 20 wird nun eine vorteilhafte Weiterbildung beschrieben, die als situative Anpassung zur Minimierung der Feststellbremskräfte im Bremsen-Aktuator bezeichnet werden kann. Demnach wird vorgeschlagen, alle automatisierten Feststellbremsvorgänge während einer Fahrt und bei Betätigen 25 der Feststellbremsanlage bei Anwesenheit des Fahrers im Fahrzeug über die Betriebsbremsfunktion durch Ansteuern sämtlicher Aktuatoren der elektromechanischen Bremsanlage darzustellen. Ziel ist dabei, eine derartige Verteilung der Haltekraft zwischen den einzelnen Aktuatoren zu erzielen, 30 daß für jeden einzelnen Aktuator die von ihm aufzubringende Spannkraft auf eine minimale sog. Basishaltekraft hin minimiert wird, um an diesen Aktuatoren Verbesserungen zu erreichen hinsichtlich Lebensdauer, Belastung etc.

[0018] Verlässt nun der Fahrzeugführer das Fahrzeug oder nimmt dieses außer Betrieb, so werden zur Erzielung der 35 Feststell-Funktion zunächst sämtliche Aktuatoren auf ihre jeweilige minimale Basishaltekraft zugespannt und bevorzugt mechanisch verriegelt. Es hat sich gezeigt, daß die Betragshöhe dieser Basishaltekraft in der Größenordnung von einem Drittel der möglichen Maximalkraft liegt. Bei Verwendung von zwei Aktuatoren für die Feststellbremsfunktion reicht diese sogenannte Basishaltekraft aus, um einen teilbeladenen PKW an Steigungen bis ca. 25% sicher festzuhalten. Ein vollbeladener PKW steht dann an Steigungen bis 45 17% sicher, so daß bereits mit der Basishaltekraft der grösste Teil aller überhaupt möglichen Situationen bereits abgedeckt ist.

[0019] Zeigt sich nun, daß diese Basishaltekraft nicht ausreicht, um das Fahrzeug sicher festzubremsen, d. h. wird 50 bspw. ein Wegrollen des Kraftfahrzeugs insbesondere über die aktiven Raddrehzahlsensoren erkannt, so können die Aktuatoren der elektromechanischen Feststell-Bremsanlage auf ihren Maximalwert nachgespannt werden, womit garantiert ist, dass dann das Fahrzeug sicher festgestellt ist und alle Zuspannreserven der Feststellbremsanlage mobilisiert 55 sind. Mit dieser vorgeschlagenen Systematik ist es somit möglich, die Aktuatoren einer elektromechanischen Fahrzeug-Bremsanlage wesentlich anforderungsgerechter auszulegen, d. h. zu dimensionieren, nachdem zunächst generell nur die sogenannte Basishaltekraft eingestellt wird und nur in Ausnahmesituationen die maximal mögliche Zuspannkraft eingestellt wird. Dabei ist diese vorgeschlagene 60 Systematik grundsätzlich generell anwendbar, wenn die zugespannte Feststellbremse hinsichtlich ihrer Feststell-Wirkung überwacht wird, d. h. nicht nur dann, wenn das Fahrzeug selbst auf geringfügige Bewegung hin überwacht wird. [0020] Selbstverständlich kann dies sowie eine Vielzahl 65 von Details durchaus abweichend von obigen Erläuterungen

gestaltet sein, ohne den Inhalt der Patentansprüche zu verlassen. Stets erhält man mit dem erfundungswesentlichen Merkmalen eine elektromechanische Fahrzeug-Bremsanlage, bei welcher die Feststell-Bremfunktion sicher und zuverlässig und dabei kostengünstig in die Betriebsbremse integriert werden kann. Deren konstruktive Auslegung kann sich dabei an den Erfordernissen einer guten Betriebsbremsfunktion orientieren, im wesentlichen ohne Berücksichtigung der Anforderungen nach maximaler Feststell-Bremsspannkraft.

[0021] Dabei sei noch erwähnt, daß hier zwei Möglichkeiten ausführlicher erläutert wurden, wie die sogenannte Feststell-Wirkung der zugespannten Feststellbremse überwacht werden kann; besonders vorteilhaft kann es jedoch sein, diese beiden Möglichkeiten miteinander zu kombinieren. Stets ist sichergestellt, daß zeitlich betrachtet über eine kritische Zeitspanne hinweg die gewünschte Funktion der Feststellbremse 100%ig sichergestellt ist, wobei nach Ablauf dieser Zeitspanne (bzw. des im Patentanspruch sogenannten Zeitraumes) das Überwachungssystem als solches abgeschaltet werden kann, um den oder die vorhandenen (und weiterhin benötigten) elektrischen Energiespeicher zu schonen. Ferner sei nochmals erwähnt, daß dieser Überwachungs-Zeitraum, während dessen die Überwachung der Feststell-Bremswirkung erfolgt, eine konstante, fest vorgegebene Zeitspanne sein kann, die ab einer Betätigung bzw. Inbetriebnahme der Feststellbremse zu laufen beginnt. Alternativ hierzu kann dieser Zeitraum hinsichtlich seiner Größe aber auch variabel gestaltet sein und in einer der Bremsanlage zugeordneten elektronischen Steuereinheit ge- 20 eignet ermittelt bzw. festgelegt werden, bspw. anhand aktueller Temperatur-Meßwerte an den Reibungsbremselementen. Dann wird bei abgestelltem Fahrzeug ein vorhandener elektrischer Energiespeicher tatsächlich nur solange belastet, als ein Nachlassen der Feststell-Bremswirkung überhaupt auftreten kann. Sobald dies auszuschließen ist (oder wenn der genannte, ggf. fix festgelegte Überwachungs-Zeitraum abgelaufen ist), so kann die erläuterte Überwachung abgebrochen werden, so daß hieraus keine weitere Belastung des elektrischen Energiespeichers erfolgt.

5

haften Feststell-Wirkung die maximal mögliche Zuspanspannkraft aufgebracht wird.

6

#### Patentansprüche

1. Elektromechanische Fahrzeug-Bremsanlage, bei welcher für die Betriebsbremse sowie für die Feststellbremse dieselben Reibungsbremselemente verwendet werden, dadurch gekennzeichnet, daß eine zugespannte Feststellbremse zumindest über einen gewissen Zeitraum nach erfolgter Zuspannung hinsichtlich ihrer Feststell-Wirkung überwacht und bei mangelhafter Wirkung automatisch nachgespannt wird.
2. Elektromechanische Fahrzeug-Bremsanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Überwachung der Feststell-Wirkung die Größe der auf das Reibungsbremselement aufgebrachten Spannkraft überwacht wird.
3. Elektromechanische Fahrzeug-Bremsanlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zur Überwachung der Feststell-Wirkung das Fahrzeug selbst auf geringfügige Bewegung, hervorgerufen durch nicht ausreichende Feststell-Wirkung, hin überwacht wird.
4. Elektromechanische Fahrzeug-Bremsanlage nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei Betätigen der Feststellbremse zunächst eine Basishaltekraft aufgebracht wird, die deutlich unterhalb eines Maximalwertes für die Zuspanspannkraft liegt, und daß bei Erkennung einer mangel-